

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-133911

(43)公開日 平成5年(1993)5月28日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 1 N 24/08				
G 0 1 R 33/36				
33/28				

9118-2J

G 0 1 N 24/ 00

T

9118-2J

24/ 04

N

審査請求 未請求 請求項の数1(全 7 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平4-84933

(22)出願日 平成4年(1992)3月6日

(31)優先権主張番号 特願平3-267312

(32)優先日 平3(1991)9月18日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000153498

株式会社日立メデイコ

東京都千代田区内神田1丁目1番14号

(72)発明者 長沢 康夫

千葉県柏市新十倉2番1号 株式会社日立メデイコ技術研究所内

(72)発明者 三井 泰裕

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 梶田 二郎

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 高崎 芳紘

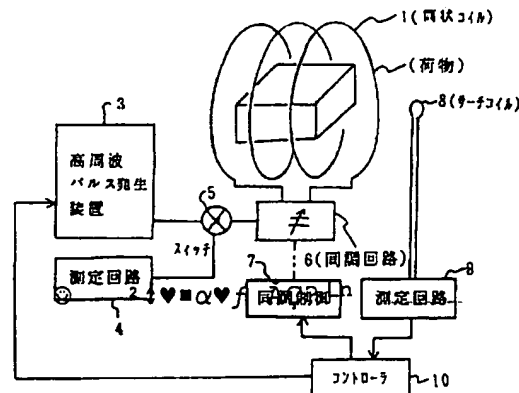
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 NQR利用の検査装置

(57)【要約】

【目的】 NQR利用の検査装置において、荷物毎に同調点の変化するのに対処して、検査に先だって正しい同調点を探索し、事前設定しておきたい。

【構成】 検査に先だってコイルから共振点を変更させて異なる周波数の高周波電磁波を次々に放射し、この放射電磁波をコイル近傍のサーチコイルで受信し、サーチコイルで受信した電磁波信号の中で最大となる時の周波数の共振点を、荷物存在時の同調点として設定せしめる。この設定後に正規の荷物検査に入る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 高周波信号発生装置と、該信号を入力して共振する共振回路と、この共振回路の一要素として設けられNQ R利用のための高周波電磁波を放射するコイルと、該コイル近傍の物体からのNQ R共鳴信号を計測する測定回路と、より成るNQ R利用の検査装置において、上記物体の検査に先立って、物体に上記コイルから、上記発生装置及び共振回路を利用して高周波電磁波を放射させる手段と、この放射電磁波をコイル近傍で測定するサーチコイルと、このサーチコイルで測定した電磁波信号を取り込み共振同調の具合を判定し最大電磁波強度となる同調点を検索する手段と、該見つかった同調点になるように上記共振回路を制御する手段とより成り、この制御後に上記本来の検査を行わせるようにしたNQ R利用の検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、被検査物に他の物質と混在している特定物質を非破壊で検出するための検査装置、特に核4重極共鳴現象を利用した検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】航空機の持込み手荷物の検査や輸送物質等の危険物検査装置であるX線検査システムは、従来、X線発生装置、X線透過スリット、非検査物移動用のベルトコンベア、そして上記非検査物を透過したX線を検知するラインセンサ、及び透過像を表示するモニタテレビジョンなどにより構成されていた。このため、X線吸収係数が高い金属性の刀剣や銃器などを、明瞭な影としてテレビジョンモニタ上で検知することができ、航空機ハイジャックの未然防止に役立てられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術では、金属を構成要素として持たない武器、危険物の検知が困難であり、更に、例えば、プラスチック爆弾などのような、一定の形状をもたない、非金属危険物については、発見しにくいという問題があった。また、上記従来技術はX線透過像を利用するため、非検査物中の深さ方向の情報を得ることが難しく、不明瞭ではあるが危険物と疑われる嫌疑物の開封検査や除去等が、短時間に行えず、また上記作業そのものが危険を伴うという問題があった。そこで、これらの問題を解決するために新規の非破壊検査装置の開発が行われている。この検査装置は、X線に代って、危険物中に含まれる物質には静磁場を加えなくても、高周波磁場信号を印加するだけで、共鳴信号を得られる核4重極共鳴現象(NQ R)を利用したものである。NQ Rを呈する物質は種々わかっており、塩素や窒素はその代表的なものである。核磁気共鳴(NMR)現象を用いるものでは静磁場(1000 Gauss～数万 Gaussの大きさ)を加えることを必須としており、荷

物検査では荷物内の磁気物体を破壊したり、電子回路を破壊したりしてしまい、使用不可能である。NQ Rでは、この大磁場である静磁場を加えなくとも、低磁場を呈する高周波磁場信号を印加するだけでよいため、荷物検査には好適である。

【0004】NQ Rを実際に検査装置として適用するためには、種々の課題解決を必要とするが、その1つに、共振周波数の変化の例がある。NQ R現象を引き起こすためには、検出を目的とする物質に固有の共鳴周波数の高周波磁場を照射してやる必要がある。NQ R用の高周波磁場印加のためには、照射コイルを必要とする。その照射コイルの形状は、大きな筒状コイルとし、その筒状コイル内を、荷物を搬送させるやり方が装置構成として実用的なものと云われている。一方、照射のためには、印加高周波信号は電気的な共振現象を利用して出力するようにすることが望ましい。共振現象は、よく知られているように、L、C、R成分の直列又は並列回路を利用する。この中のL成分の役割を持つのが筒状コイルである。筒状コイルのL成分とは、コイル自体の巻き線数Nやその形状及び大きさで電氣的に定まるものであるが、これ以外に筒状コイル内の空間上の電気的特性によっても変化する。ここで、電気的特性とは、荷物の存在による磁気透過率の変化、コイルと荷物との間の各種浮遊容量の発生と変化(ストレーキャパシタンス、ストレーインダクタンスの発生と変化)等の特性を云う。この観点でみるに、筒状コイル内を種々の荷物を通して検査を行おうとした場合、その荷物の電気的特性が種々存在することから、L及びC成分も変化を受けることになる。L及びC成分の変化は、共振周波数の変化を招き、更に固有の共振周波数での照射電力の低下を招き、NQ R検知感度の低下を招く。従って、種々の荷物が検査対象となっても、その種々の荷物にかかわらず、固有な共振周波数で最大の共振が達成できるようにすることが不可欠である。

【0005】本発明の目的は、筒状コイル内で種々の荷物が検査対象になっても、固有な共振周波数の高周波信号を最大照射電力で照射可能にする検査装置を提供するにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、高周波信号発生装置と、該信号を入力して共振する共振回路と、この共振回路の一要素として設けられNQ R利用のための高周波電磁波を放射するコイルと、該コイル近傍の物体からのNQ R共鳴信号を計測する測定回路と、より成るNQ R利用の検査装置において、上記物体の検査に先立って、物体に上記コイルから、上記発生装置及び共振回路を利用して高周波電磁波を放射させる手段と、この放射電磁波をコイル近傍で測定するサーチコイルと、このサーチコイルで測定した電磁波信号を取り込み共振同調の具合を判定し最大電磁波強度となる同調点を検索する手

段と、該見つかった同調点になるように上記共振回路を制御する手段とより成り、この制御後に上記本来の検査を行わせるようにした。

【0007】

【作用】本発明によれば、本来の計測に先立って、荷物（物質）の存在による共振同調点の変化に対応して、最大放射強度の同調点を探し出すことができ、本来の計測での正確な共鳴信号を計測することができる。

【0008】

【実施例】図1は、本発明の、自動同調機能を持つNQR検査装置の実施例図である。この検査装置は、内部に荷物が挿入可能な筒状コイル1、高周波パルス発生装置3、測定回路4、切り換えスイッチ5、コイル同調回路6、同調駆動機構7、サーチコイル8、電磁波強度測定回路9、コントローラ10より成る。かかる構成で、筒状コイル1は照射用と共鳴信号受信用とを兼用しており、この切り換えをスイッチ5で行う。照射時には、装置3からの高周波パルスをスイッチ5を通じて、筒状コイル1に印加する。測定時には、筒状コイル1で受信した共鳴信号をスイッチ5を通じて測定回路4に導く。

【0009】同調回路6は、筒状コイル1と直列又は並列に結合されたキャパシタンスを持ち、この容量を変化させることによって、検出を目的とする物質固有の共鳴周波数と一致した共振周波数を得、かくして得た高周波信号で形成された磁場及び電場を筒状コイル1から内部の荷物へ照射する。同調制御部（同調機構）7は、同調回路6での固有の共振周波数共振のためのキャパシタンス変更指定及び変更調整を行う。この固有の共振周波数は、操作者が手動で入力するか、計算機の指示で自動的に入力する。

【0010】以上の構成で、実際の荷物検査に際しては、検査目的に合った共振周波数が同調制御部7に与えられ、同調制御部7は、この共振周波数で共振するように同調回路6のキャパシタンスを変更して同調化を行う。この同調は、検査目的が同じであれば、荷物が入れ代っても初期設定したままである。そして、各荷物毎にスイッチ5を切り換えて照射と測定とを交互に繰り返す。

【0011】この照射と測定との動作は、NQR法での通常の検査法であり、本発明の特徴ではない。本発明の特徴は、荷物が入れ代る毎に、最適同調になるように同調制御をはかるようにしたものである。その目的を達成するのが、サーチコイル8、測定回路9、コントローラ10である。

【0012】サーチコイル8は、筒状コイル1の近傍に設置されている。荷物が入れ代る毎に、同調のために装置3、5、6、を介して筒状コイル1に高周波信号を送り、入れ代った荷物に高周波磁場を照射する。この共振回路の共振点は、本来初期設定した固有の共鳴周波数F₀に台致したものであるはずだが、荷物の存在による電

氣的特性によって合致しないことが多い。このために共鳴周波数に合致しているか否かをみる必要がある。合致していなければ合致するようにする必要がある。初期設定した状態では、コイル内の荷物の影響により共振回路の共振周波数は、目的とするNQR共鳴周波数F₀とは異なる共振周波数f₀を有している。このような初期状態を維持したままF₀なる高周波電磁波を照射する。この高周波電磁波の大きさをサーチコイル8で直ちに監視測定する。測定値は強度P₀であるとし、これを測定回路9に送る。測定回路は、その電磁波強度P₀を記憶する。次に、コントローラ10の指示で、f₀+Δfで同調するような指令を与え、機構7を介して回路6を制御する。この同調のもとで、再びF₀なる高周波電磁波を照射する。そして再びサーチコイル8でその電磁波強度P₁を測定する。以上、f₀+2Δf、f₀+3Δf、…、f₀+nΔfと同調内容を変更して、その都度、強度P₁、P₂、…、P_nを測定し記憶する。同様に減少方向に対しても、f₀-Δf、f₀-2Δf、…、f₀-nΔfと変化させて、強度P'₁、P'₂、P_nを測定する。

【0013】これらの一連の測定が終了した時点で、fの変化と強度Pの変化とのグラフを描き、最大値のPとなるfを見つける。この最大Pの位置が、真の同調位置となる。この同調位置では、筒状コイルを含む共振系がNQR共鳴周波数F₀で共振同調していることになり、かかる共振点をもって、同調回路6を同調させる。かくして、入れ代わった荷物用の同調位置がみつかり設定出来たことになる。この設定後に、実際の人れ代わった荷物への検査（照射と測定）をスイッチ5を切り換えて行う。尚、fの変更は自動的に行うことで同調位置の確定作業の短縮がはかれる。

【0014】図2は、本発明の具体的な実施例図を示す。測定回路4及びスイッチ5は、省略してある。同調回路6は、同調用可変容量型キャパシタンスC_rとインピーダンスマッチング用キャパシタンスC_mより成る。筒状コイル1はインダクタンスLを持つコイルとした。コイル1に直列の抵抗成分rはこの回路に含まれる損失抵抗分を表している。同調機構7は、モータ駆動部7-1とモータ7-2とより成る。測定回路9は、増幅器9-1とAD変換器9-2とより成る。この構成で、同調を行うには、コントローラ10がモータ駆動部7-1に駆動指令を送り、モータ7-2を介してC_rを変化させて、共振を行わせ、同調をとる。

【0015】コイル1は図1で示した如くトランクや手下げバッグ等を収納できる大型のコイルで、このような大型のコイルで核四重極共鳴を引き起こさせるに十分なエネルギーを発生させるためには高周波パルス発生装置3は1kw〜10kw程度の高出力アンプが使用される。このような電力で動作する共振回路で発生する電圧は数100V〜数10kVと高電圧となるため図示のC

5

r 、 C_m 等は高耐圧コンデンサや高耐圧真空バリコン等が使用される。さて、図2の回路での共振周波数 f_0 は、

【数1】

$$f_0 \approx \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L \cdot \frac{C_r C_m}{C_r + C_m}}}$$

であり、入力インピーダンス Z_0 は、

【数2】

$$Z_0 \approx \frac{1}{r} \cdot \frac{1}{C_m^2} \cdot \frac{1}{(2\pi f_0)^2}$$

である。

【0016】さて、このような共振回路のコイル内に被検査物が挿入されると見かけ上の L 及び C が変化し、図3破線で示す如く f_0 から f'_0 へ移動する。この共振点の移動量と移動する方向は、被検査物の寸法、形状、材質に依存する。この共振周波数の移動を、検査を目的とする共振周波数に一致させ且つ共振回路のインピーダンスを一定に保つためには、 L の変化分を C_r で補正することにより達成されることは【数1】【数2】より明らかである。

【0017】 C_r の最適値を求めるには、図3より明らかなように、被検査物がコイル内に挿入され共振点が移動すると、目的とする周波数 f_0 におけるインピーダンスが Z_0 より Z' に低下する。この時 f_0 の周波数でコイル1を駆動すると、インピーダンスミスマッチングにより電力の反射が起こりコイル1には所定の電力が供給されなくなり、コイル1で発生される電磁界強度は低下し、コイル1の近傍に設けられたサーチコイル8に誘起される高周波電流も減少する。従って、サーチコイル8に誘起される電流が最大となるように C_r を調整することにより、コイルを目的の周波数 f_0 に共振させることが出来る。

【0018】さて、コントローラ10はプログラムによって動作するマイコンであるとする。そのプログラムの1つに同調動作プログラムがある。このプログラムは、本発明の目的である最大照射電磁波強度を見つけるためのものである。同調動作プログラムを起動すると、コントローラ10はトリガー信号を高周波パルス発生装置3に送り、高周波パルスをコイル1に送る。コイル1で発生された電磁波はサーチコイル8に発生電磁波強度に比例した大きさの高周波電流を誘起する。誘起された高周波電流は増幅器9-1で増幅及び検波され、AD変換器9-2でコイル1の発生した電磁波強度のデジタルデータに変換される。コントローラ10はこれを読み取り、1回目のデータとして内部メモリに格納する。コントローラ10は予め定められた微調整量だけ C_r を変化

6

させるようにモータ7-2を駆動した後に、再び高周波パルス発生装置3にトリガー信号を送る。その時にサーチコイル8で得られた電磁波強度データと、前回の測定で得られた電磁波強度を比較する。2回目以降得られた計測データが、前回の計測データより大きい場合は更にモータを指定量前進させる。逆に2回目のデータが前回より小さい場合はモータを逆回転させる。以上の操作を繰り返し行い、電磁波強度が最大となる点までモータ駆動する。この図2の実施例によれば、図1に比べ、刻々と計測を行いながら、ピーク点の探索が出来る。

10

【0019】図4は、キャパシタンス C_m もも自動調整するようにした点に特徴を持つ実施例図である。そのために、 C_m の真空バリコン駆動用モータ7-4、及びそのモータ駆動回路7-3を追加し、これをコントローラ10で制御するようにしたものである。図3における実施例は、コイル内に荷物を挿入することによりコイルのインダクタンス L の変化分のみを同調用キャパシタンス C_r で補正したものである。しかし、コイル内に荷物を挿入した場合、 L のみならずコイルの損失分 r も変化する。即ち【数2】の r の値が変化し、共振回路のインピーダンス Z_0 が変化する。 Z_0 が高周波パルス発生装置3の出力インピーダンスと一致しないとやはり電力の反射が発生し有効にコイルに電力が供給されなくなる。 r の変化分は C_m を調整することにより補正可能なことは【数2】より明白である。即ち、図1～図3を用いて説明した方法により同調用キャパシタ C_r を調整し、このコイル系を f_0 に共振させた後、インピーダンスマッチング用キャパシタンス C_m を、 C_r を調整したと同様な方法で C_m 最適値を求める。これによってより完全な調整が可能となる。

20

30

【0020】尚、【数1】において、 f_0 は C_r 及び C_m に依存する為、 C_r を再び調整することが望ましいが一般に C_m の値は C_r に比して数倍の容量値を持つため、 C_m の微小な変化は、 f_0 の変化にはほとんど影響を与えない。実用上は C_r の調整後 C_m を調整することにより充分高精度の調整が可能である。

【0021】

【発明の効果】空港荷物の検査装置においては、検知を目的とする物質の寸法、形状、が多種多様で、更に検知対象物が種々の寸法、形状、材質の物と混在し且つ梱包されている状態で検知しなければならないため、その検査物に応じて装置の同調を迅速に行う機構が不可欠である。本発明により装置の同調条件を自動的に見つけ設定することが出来る。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の検査装置の実施例図である。

【図2】本発明の検査装置の具体的な実施例図である。

【図3】本発明での共振点変化例を示す図である。

【図4】本発明の検査装置の他の具体的な実施例図である。

50

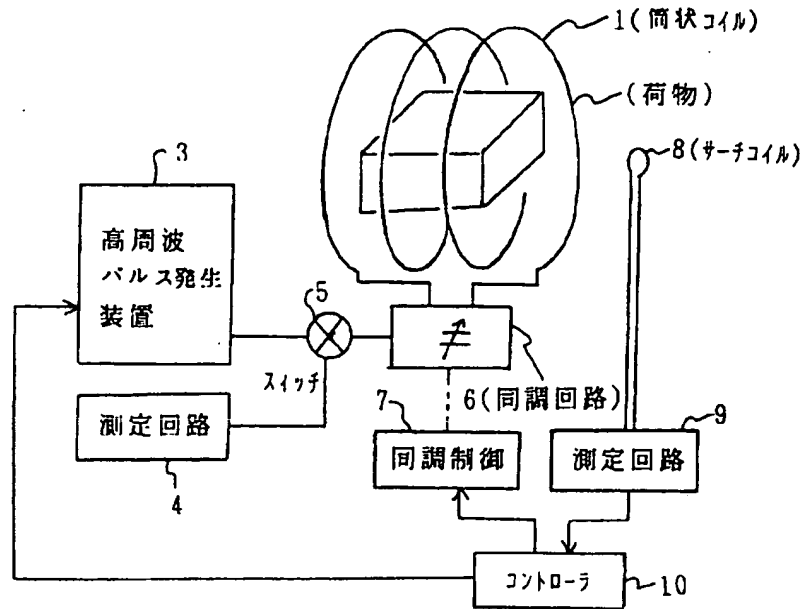
【符号の説明】

- 1 筒状コイル
- 2 荷物
- 3 高周波パルス発生装置
- 4 測定回路
- 5 スイッチ

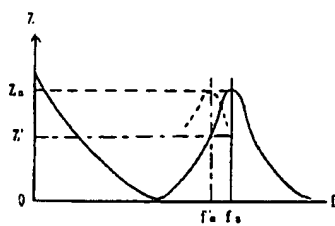
- * 6 同調回路
- 7 同調制御部（同調機構）
- 8 サーチコイル
- 9 測定回路
- 10 コントローラ

*

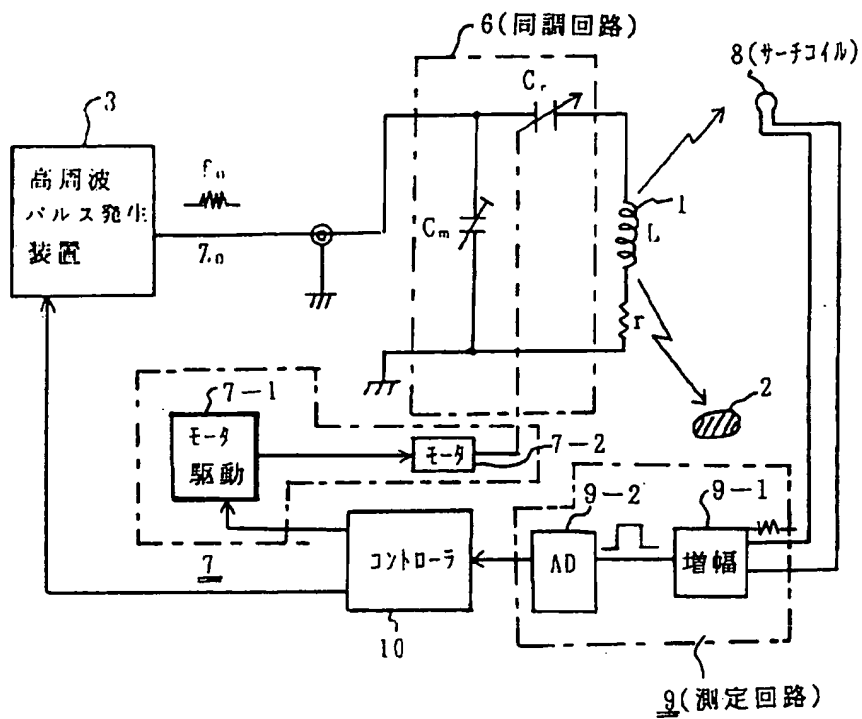
【図1】



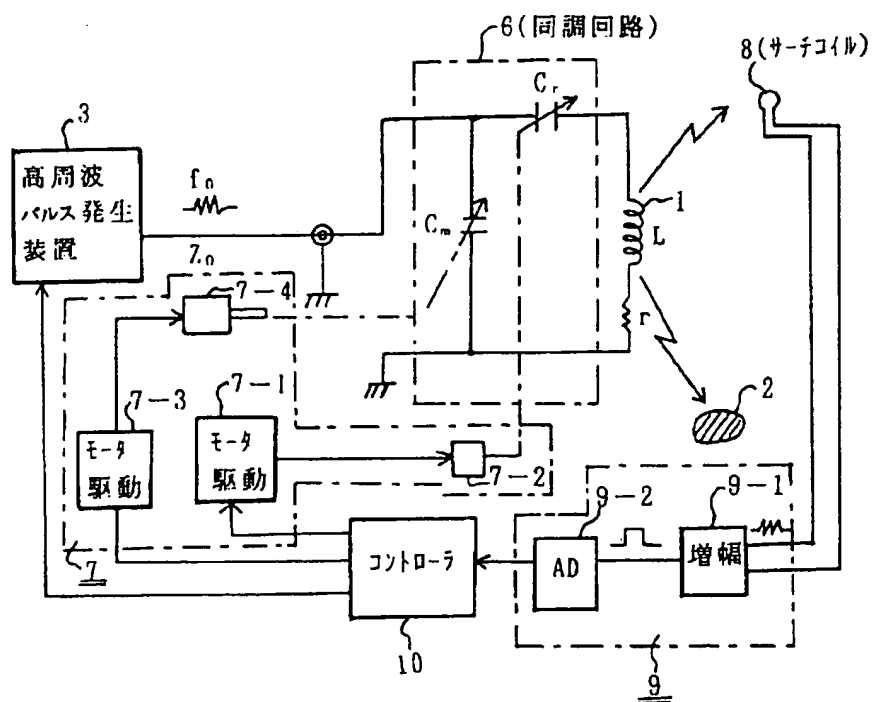
【図3】



【図2】



【図4】



(7)

特開平5-133911

フロントページの続き

(51)Int.Cl.³

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

9118-2J

G 0 1 N 24/04

Z

(72)発明者 丸泉 琢也

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

[Claim(s)]

[Claim 1]

An inspecting apparatus utilizing NQR, said apparatus consisting of (1) an RF signal generator, (2) a resonance circuit which inputs and resonates the RF signal generated, and (3) a coil which is a part of the resonance circuit and irradiates RF electromagnetic wave for NQR, said apparatus having a means to adjust the resonance circuit, prior to inspection, to the correct resonance point which is determined by searching the resonance points by (a) a means to irradiate RF electromagnetic wave emitted from the coil onto the object to be inspected, (b) a search coil which measures the emitted electromagnetic wave in the vicinity of the RF irradiation coil, and (c) a means to find the resonance point by tuning the resonance circuit to obtain the highest intensity of electromagnetic wave detected by the search coil.

TECHNICAL FIELD

[0001] [Industrial Application] This invention relates to an inspection apparatus for detecting non-destructively a certain material from the mixture of many kinds of materials in an inspected object, in particular, an apparatus which utilizes nuclear quadrupole resonance (NQR).

PRIOR ART

[0002] [Description of the Prior Art] X-ray inspection system, which is conventionally used as an inspection apparatus to find dangerous substances for inspecting the carry-in baggage and transportation materials on aircraft, is normally comprised a X-ray generator, X-ray transmission slits, a conveyor belt for moving inspecting objects, a line sensor which detects X-rays penetrated through the object, and a monitor television which displays the transmission image. As such, X-ray inspection system can detect materials having a large X-ray absorption coefficient such as metallic swords and metallic small arms, as clear images on the television monitor, and is used for the prevention of aircraft hijack.

EFFECT OF THE INVENTION

*[*** this section not found in the Japanese version. ***]* [Effect of the Invention] In the inspection of airport luggage, the objects to be detected have various sizes and configurations, are intermingled with other objects made of the same material, and are packed in a suitcase. Therefore, the mechanism with which the inspection apparatus is quickly tuned to detect the inspection objects is necessary. This invention enables the automatic tuning of the inspection apparatus so that the apparatus is quickly prepared to scan the individual inspection objects.

TECHNICAL PROBLEM

[0003] [Problem(s) to be Solved by the Invention] With the aforementioned conventional technology, it is difficult to detect arms and dangerous goods which do not have metal components and have various shapes, such as plastic bombs. Moreover, X-ray inspection system has difficulty in acquiring the depth information of the object in a luggage, due to the fact that the detection method relies on the two dimensional image on the monitor screen. Hence, the open-inspection of baggage and

the removal of suspicious objects is time-consuming and can become a dangerous operation. In order to solve the problems, a new apparatus for non-destructive detection has been developed.

The new inspection apparatus uses NQR which enables obtaining the resonance signal by simply applying RF magnetic wave instead of static magnetic field onto the materials of the dangerous goods. The substances which have NQR properties are well known. Chlorine and nitrogen are the typical examples.

In an apparatus using nuclear-magnetic-resonance (NMR), normally a static magnetic field (~ 1000 gauss - tens of thousands of gauss) has to be applied, which may result in destroying a magnetic object or an electronic circuit, and thus it is unusable as an inspection apparatus. NQR requires application of RF magnetic wave having a weak magnetic field, instead of a strong static magnetic field, and thus it is suitable for luggage inspection.

[0004] For applying NQR to an inspection apparatus, there are various technical problems to overcome. One of the examples of the problems is the change of resonance frequency. In order to cause NQR phenomenon, it is necessary to irradiate RF magnetic field having a resonance frequency characteristic of the material to be detected. An irradiation coil is necessary to apply the RF magnetic field for NQR measurement. In practice, the irradiation coil needs to be a large cylindrical coil, in which inspection objects are placed. For the irradiation of RF signal, it is desirable to utilise electric resonance phenomena. As well known, resonance phenomena uses serial or parallel circuits of L, C and R components. A solenoid coil has the role of the L component in this circuit. The L component of a solenoid coil is determined electrically by the number of winding of the coil wire itself, its shape and size. The L component also depends on the electric properties of the space in the coil. Here, electric properties mean the properties such as the change of the magnetic permeability caused by the existence of an inspection object, and generation and change of the various stray impedance between the coil and the inspection object (i.e. generation and change of the stray capacitance and stray inductance). From this viewpoint, it is easily understood that, when the apparatus is going to inspect various objects placed inside of the coil, L and C components will change due to the electrical properties of the objects. The change of L and C components causes a change of resonance frequency, leading to decrease in the irradiation power at the characteristic resonance frequency, causing reduction of NQR-detection sensitivity. Therefore, it is essential to attain the maximum resonance at characteristic resonance frequencies regardless of the type of the inspection objects.

[0005] The purpose of this invention is to offer the inspection apparatus which enables irradiation of the RF signal at characteristic resonance frequencies with the maximum irradiation power, even if various types of objects are placed within the RF coil.

MEANS

[Means for Solving the Problem]

[0006] In this invention, an inspecting apparatus utilizing NQR, which consists of an RF signal generator, a resonance circuit which inputs and resonates the RF signal

generated, and a coil which is a part of the resonance circuit and irradiate RF electromagnetic wave for NQR, is designed so that the said apparatus has a means to adjust the resonance circuit, prior to inspection, to the correct resonance point which is determined by searching the resonance point by (a) a means to irradiate RF electromagnetic wave emitted from the coil onto the object to be inspected, (b) a search coil which measures the emitted electromagnetic wave in the vicinity of the irradiation coil, and (c) a means to find the resonance points by tuning the resonance circuit to obtain the highest intensity of electromagnetic wave detected by the search coil.

OPERATION

[0007] [Function] According to this invention, the tuning point corresponding to the existence of the inspection object can be detected prior to the inspection, by tuning the frequency of the emitted RF magnetic wave so that the intensity of the electromagnetic wave in the vicinity of the emission coil becomes the highest. As a result, the correct resonance signal in NQR can be measured during baggage inspection.

EXAMPLE

[0008] [Example] Drawing 1 shows a schematic diagram of the present invention. a NQR inspection apparatus having an automatic-tuning function. The inspection apparatus consists of the cylindrical coil 1 into which luggage can be inserted in the interior, the RF pulse generator 3, a measuring circuit 4, switch 5, the coil tuning circuit 6, the tuning drive 7, a search coil 8, the electromagnetic-wave-intensity measuring circuit 9, and a controller 10. In this configuration, the cylindrical coil 1 is to irradiate RF magnetic wave onto the object, as well as to receive the resonance signal. The switch between the two functions of the coil, ie, transmit ion and reception of the signal is performed by switch 5. At the time of irradiation, the RF pulse from equipment 3 is irradiated into the cylindrical coil 1 through switch 5. The resonance signal received by the cylindrical coil 1 at the time of measurement is fed into a measuring circuit 4 through switch 5.

[0009] A tuning circuit 6 has a capacitance of the series connection or parallel connection with the coil 1. By changing the capacitance, the resonance frequency, which matches the characteristic resonance frequency of the material to be detected, is determined. The coil 1 irradiates the RF electromagnetic field having the thus determined frequency onto the luggage inside the cylindrical coil 1. The tuning control section 7 tunes the capacitance of the circuit 6 for tuning into the characteristic resonance frequency. The characteristic resonance frequency can be input manually by an operator or automatically by a computer.

[0010] With the above configuration, the resonance frequency which suits a particular inspection object is given to the tuning control section 7. The tuning control section 7 changes the capacitance of the tuning circuit 6 so that it resonates at this resonance frequency. If the inspection purpose is the same, this tuning condition will remain initialized even if the luggage is changed. Switch 5 is switched between irradiation and detection of RF magnetic wave in turn for every object.

[0011] This operation of switching irradiation and detection of RF magnetic wave in turn is a normal procedure for the NQR method, and is not a feature of this invention. The feature of the invention lies in the tuning mechanism of resonance frequency to obtain an optimum detection condition for each luggage, which is attained by a search coil 8, a measuring circuit 9, and a controller 10.

[0012] The search coil 8 is installed near the cylindrical coil 1. Whenever inspection objects interchanges, the initial RF signal is sent to the cylindrical coil 1 through the components 3, 5 and 6, and is irradiated onto the inspection object. The resonance frequency of the resonance circuit is supposed to match the initial setting value of characteristic resonance frequency F_0 , however, the frequency is often changed due to the electrical properties of the inspection object. For this reason, it is required to see whether it matches the resonance frequency, and if it does not, it is necessary to tune the frequency. Under the initial setting conditions, due to the influence of the luggage in the coil, the resonance frequency of a resonance circuit has a different resonance frequency f_0 from the NQR resonance frequency F_0 . By keeping the initial conditions, RF magnetic wave having a frequency of F_0 is irradiated. The intensity of the RF electromagnetic wave is immediately measured by the search coil 8. The intensity measured, P_0 , is sent to circuit 9 where the intensity value is stored. Next, the controller 10 gives instruction to shift the frequency to $f_0 + df$, and control the circuit 6 through the component 7. Under this condition, the RF magnetic wave having a frequency of F_0 is irradiated once again. Then, the search coil measures the intensity of the magnetic field, P_1 . By repeating the procedure, further change is made to the resonance frequency into $f_0 + 2df$, $f_0 + 3df$, ... $f_0 + ndf$, and the intensity values of the magnetic field are stored as P_2 , P_3 , ..., P_n . Likewise, the resonance frequency is changed toward lower values into $f_0 - 2df$, $f_0 - 3df$, ... $f_0 - ndf$, and the intensity of the magnetic field is measured as P_2 , P_3 , ..., P_n .

[0013] When the series of measurement is completed, the intensity P is plotted against the change in f , and the f value which gives the highest P value is found. This f value is the true resonance frequency. At this frequency, the resonance system including the cylindrical coil is coupled with the NQR resonance frequency F_0 . Using the frequency, the resonance circuit 6 is tuned. And thus the resonance point is found and set for the new luggage. After the procedure, the inspection of the luggage is carried out by switching the switch 5 in turn for irradiation and measurement. It is possible to shorten the tuning procedure by making a change of f -value automatically.

[0014] Drawing 2 shows a practical diagram of this invention. The measuring circuit 4 and the switch 5 are omitted in the drawing. A tuning circuit 6 consists of the variable-capacitance C_r for alignment, and the capacitance C_m for impedance matching. The cylindrical coil 1 has an inductance L . The series resistance component r in a coil 1 represents a part of the resistance loss in this circuit. The tuning control system 7 comprises a motor drive 7-1 and a motor 7-2. The measuring circuit 9 consists of an amplifier 9-1 and an A-D converter 9-2. In this composition, tuning is carried out first by the controller 10 sending an instruction to the motor drive 7-1, and then the motor 7-2 changing the C_r .

[0015] As shown in Drawing 1, the coil 1 is made large enough to accommodate suitcases, bags, etc. In order to generate sufficient energy to cause NQR within such a

large-sized coil, the RF pulse generator 3 needs to have a high power amplifier of about 1kw-10kw. Since the voltage generated in the resonance circuit which operates with such power turns into as high voltage as several 100V - 10kV, high voltage capacitors or high voltage vacuum variable condensers are used for C_r and C_m .

The resonance frequency f_0 in the circuit in Drawing 2 is [Equation 1].

$$f_0 \approx \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L \cdot \frac{C_r C_m}{C_r + C_m}}}$$

and input-impedance Z is [Equation 2].

$$Z_0 \approx \frac{1}{r} \cdot \frac{1}{C_m^2} \cdot \frac{1}{(2\pi f_0)^2}$$

[0016] When an inspected object is inserted into the coil of such a resonance circuit, L and C values are changed, and the frequency shifts from f_0 to f'_0 as shown with a broken line in figure 3. The magnitude and direction of the shift of the resonance point depends on the size, shape, and the material of the inspected object.

In order to match the shift of this resonance frequency with the NQR resonance frequency at inspection and to keep the impedance of a resonance circuit constant, it is necessary to compensate C_r for the shift in L , as evident in the Equations 1 & 2.

[0017] The optimization of C_r can be done as follows. As seen in Drawing 3, if an inspected object is inserted into a coil and the resonance point moves, the impedance at the target frequency f_0 will fall from Z_0 to Z' . If a coil 1 is driven at the frequency of f_0 at this time, the reflection of electric power caused by impedance mismatching reduces the power supplied to the coil 1, leading to the decrease in the intensity of electromagnetic field in the coil 1, resulting in the reduction of RF current induced in the search coil 8. Therefore, a coil can be resonated at the target frequency f_0 by adjusting C_r so that the current which is induced in the search coil 8 is at the maximum.

[0018] Now, presuppose the controller 10 is a microcomputer which operates by executing programs. A tuning operation program is one of the programs of the controller 10. This program is for finding the maximum irradiation electromagnetic wave intensity which is the purpose of this invention. If the tuning operation program is started, a controller 10 will send a trigger signal to the RF pulse generator 3, and will send a RF pulse to the coil 1. The electromagnetic wave generated with the coil 1 will cause induction of an RF current in the search coil 8, which magnitude proportional to the intensity of electromagnetic wave generated. The induced RF current is amplified with amplifier 9-1 and detected, further changed in A-D converter 9-2 into digital data of the electromagnetic wave intensity generated in coil 1. A controller 10 reads this and stores it in an internal memory as the first data point. A controller 10 sends a trigger signal to the RF pulse generator 3 again, after driving a motor 7-2 so that only the amount of fine tuning defined beforehand will change C_r . The electromagnetic wave intensity then obtained by the search coil 8 is compared with that in the last measurement. When the measurement data obtained by the 2nd measurement is larger than the last measurement data, then the motor is advanced

further. Conversely, a motor is made to rotate backwards when the 2nd data is smaller than the last measurement. The above operation is repeated and continues motorised operation to the point that electromagnetic wave intensity is at a maximum. According to the example of this drawing 2, compared with drawing 1, search for a peak point can be performed continuously.

[0019] Drawing 4 is a practical example of the system diagram which has the feature for carrying out the automatic regulation of the capacitance C_m . The motor 7-4 to drive the C_m vacuum variable condenser and its motor drive circuit 7-3 are added for the purpose. The motor drive circuit 7-3 is controlled by the controller 10. The example in drawing 3 adjusts C_r for only the amount of change in the inductance L of the coil, which is caused by inserting an inspection object into the coil. However, when an inspection object is inserted into a coil, the resistance loss r as well as L of the coil changes. This means that the r -value in Equation 2 changes and accordingly the impedance Z_0 of a resonance circuit changes. Unless Z_0 is in match with the output impedance of the RF pulse generator 3, reflection of power occurs too, and power is no longer effectively supplied to the coil. The magnitude of change in r can be adjusted with C_m , as evident in Equation 2; the optimization of the impedance matching capacitance C_m is carried out in the same manner as for C_r , after controlling C_r and tune the coil system into the frequency f_0 as shown in Drawings 1-3. The perfect tuning is thus enabled.

[0020] As seen in Equation 1, f_0 is a function of C_r and C_m . Therefore, it is desirable to re-adjust C_r . However, since C_m value is generally several times larger than C_r , the small change in C_m does not affect f_0 much. Practically, sufficiently highly precise tuning is possible by adjusting C_r back after the C_m adjustment.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

Drawing 1 is the schematic diagram of the inspection apparatus of this invention.

Drawing 2 is the practical example of the system components of the inspection apparatus of this invention.

Drawing 3 is the schematic diagram of the change in resonance point in this invention.

Drawing 4 is another example of the system components of the inspection apparatus of this invention.

[Description of Notations]

1 Cylindrical Coil

2 Load (inspection object, luggage)

3 RF Pulse Generator

4 Measuring Circuit

5 Switch

6 Tuning Circuit

7 tuning control section

8 Search Coil

9 Measuring Circuit

10 Controller